

Technoscience und Technoscience Education

Zum Paradigmenwechsel didaktischer Bezugsgrößen

Januar 2013

Gabriele Graube

*Inter- und Transdisziplinarität werden zur Schlüsselqualifikation.
(Jungert u.a., 2010, S. VII)*

Der vorliegende Aufsatz befasst sich mit der Thematik von Technik und Technikentwicklung in der Allgemeinbildung vor dem Hintergrund der Omnipräsenz von Wissenschaft und Technik.

Bei der Untersuchung didaktischer Bezugsgrößen werden Paradigmenwechsel in dreifacher Hinsicht herausgearbeitet: Wandel der Technosphäre, Wandel der Wissenschaftskultur (Technoscience) und Wandel im pädagogischen Denken und Handeln. Daraus wird die Notwendigkeit einer interdisziplinär fachdidaktischen Forschung abgeleitet und die Entwicklung von Ansätzen zur Technoscience Education als eine Perspektive diskutiert.

Dieser Aufsatz leistet damit einen Beitrag zu der in den Fachdidaktiken zu führenden Diskussion zur Verschmelzung von Wissenschaft und Technik sowie zu deren fachdidaktischer Reflexion und notwendiger Forschungsausrichtung. Wenn Inter- und Transdisziplinarität als neue Schlüsselqualifikationen gelten, dann muss das nicht nur für die Zielgruppen des Bildungssystems gelten, sondern auch für diejenigen, die dazu didaktische Modelle und Konzepte entwickeln.

Technoscience und Technoscience Education – Zum Paradigmenwechsel didaktischer Bezugsgrößen

Gabriele Graube

Braunschweig, Januar 2013

Inhalt

Technoscience und Technoscience Education – Zum Paradigmenwechsel didaktischer

Bezugsgrößen.....	1
1 Situations- und Problembeschreibung.....	3
2 Wandel in den fachdidaktischen Bezugsgrößen.....	5
2.1 Gegenstandsbereich der Didaktik und Bezugsgrößen der Fachdidaktik	5
2.2 Die gesellschaftliche Lebenswirklichkeit: Der Wandel der Technosphäre.....	6
2.2.1 Wandel der Entstehung technischer Produkte und Dienstleistungen.....	6
2.2.2 Wandel von lokalen zu globalen Problemen der Menschheit.....	9
2.3 Wandel der Wissenschaftskultur	9
2.3.1 Von der Wissenschaft zur Technowissenschaft.....	9
2.3.2 Von der Disziplinarität zur Inter- und Transdisziplinarität als neues Forschungsprinzip.....	11
2.4 Wandel im pädagogischen Denken und Handeln	13
2.4.1 Wandel von einer linear-deterministischen Sichtweise zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise.....	13
2.4.2 Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion als neu interpretierte Muster pädagogischen Denkens.....	15
3 Konsequenzen aus dem Wandel der fachdidaktischen Bezugsgrößen.....	18
3.1 Reflexion des Paradigmenwechsels in der Didaktik.....	18
3.2 Fachdidaktischer Paradigmenwechsel.....	20
3.3 Vorgehensweise bei interdisziplinär-fachdidaktischer Forschung.....	21
3.4 Ein Ausblick: Technoscience Education.....	22
4 Fazit.....	23
Literaturverzeichnis.....	24

1 Situations- und Problembeschreibung

Unsere Lebenswelt ist von einer Omnipräsenz technischer Produkte und Dienstleistungen geprägt, die zunehmend primäres Ergebnis von Wissenschaft und Forschung sind. Da man sich diesem nicht entziehen kann, stehen wir heute vor der Herausforderung, neue Formen des Umgangs mit diesem Verhältnis von Technik entwickelnder Wissenschaft und Technik selbst zu finden.

Schon im Jahr 1979 verwies der Club of Rome in seinem Lernbericht auf die Notwendigkeit von „innovativen Lernprozessen“, d.h. von einer „Art des Lernens, die Veränderung, Erneuerung, Umstrukturierung und Transformation hervorbringen kann“ (Botkin, Mahdi, & Malitza, 1979, S. 31). Diese grundlegende Veränderung von Lernen wird von MAROTZKI als Bildung interpretiert (zit. nach Ahrens, 2005, S. 9). Wenn nun Bildungsprozesse als „Transformation der grundlegenden Kategorien des Welt- und Selbstverständnisses selbst“ verstanden werden (Ahrens, 2005, S. 9), sind diese vor allem da gefordert, wo „auf neue Problemerkahrungen in schon erworbenen Orientierungen in nicht mehr angemessener Weise geantwortet werden kann“ (Kokemohr 2000, 421, zit. nach Ahrens 2005, S. 9).

Betrachtet man nun den Bildungsbereich, dann sieht man, dass diese Forderung kaum Eingang in die nicht neue und kritische Diskussion um Natur- und Technikwissenschaften bzw. den Bereich von Natur und Technik in der Schule findet. Nach wie vor wird insbesondere der Bereich von Technik oftmals als nicht bildungswürdig angesehen und lediglich zur Vorbereitung für eine Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich angesehen. Das spiegelt sich einerseits im Fächerkanon an den Schulen wieder, wo Technik als Unterrichtsfach nur marginal und lückenhaft vertreten ist und auch in anderen Fächern nur in einer stark verkürzten Form im Unterricht thematisiert wird (meist als Anwendung der Naturwissenschaften). Auch die Forderungen der Wirtschaft und der Politik nach Nachwuchs im gewerblich-technischem und ingenieurwissenschaftlichem Bereich zur Stärkung der Innovationskraft bleiben allzuoft ohne allgemeinbildenden Anspruch, was die Diskussion um den Bildungsgehalt von Technik zusätzlich erschwert.¹

Andererseits spiegelt sich diese Problematik des so nicht zugewiesenen Bildungsgehaltes in der Bildungstheorie wieder. AHRENS (2005) beschreibt ein äußerst distanziertes Verhältnis der Bildungstheorie zu Naturwissenschaft und Technik und von unüberwundenen Schwierigkeiten, die nach wie vor bestehen. EULER (2008) sieht Technik gar als ungeliebtes Kind der Bildung. Diese kritischen Stimmen, die fordern, dass dieses Verhältnis selbst thematisiert werden muss, übersehen jedoch, dass es sich um weitaus mehr handelt als nur um das Verhältnis von Bildung, Naturwissenschaft und Technik. Technik selbst hat einen Wissenschaftsbereich, der nicht nur die Naturwissenschaften betrifft, sondern vor allem die Wissenschaften von der Technik und dessen Genese. Daher müssen die Technikwissenschaften unbedingt in diese Diskussion einbezogen werden, um das Verhältnis von Bildung zu Natur und Technik und damit auch zu Natur- und Technikwissenschaften zu beleuchten.

Das distanzierte Verhältnis im Bildungsverständnis von Bildungswissenschaftlern und -politikern zu Wissenschaft und Technik scheint zunächst im Widerspruch zu den vielfältigen Aktivitäten zu stehen, die man in Schule und im Umfeld der Schule beobachten kann. So werden neue Fächer zu Natur und Technik eingeführt, die jedoch ohne ausreichende fachdidaktische und wissenschaftliche Begleitung bleiben. Auch die inflationäre Benutzung des MINT²-Begriffs bleibt ohne wirkliche Hinterfragung dessen, wofür der Begriff MINT und insbesondere das „T“

¹ Eine Ausnahme bildet das VDI-Positionspapier „Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland“ (2012).

² MINT steht als Abkürzung für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik.

steht. So spricht man seit längerer Zeit von den sogenannten MINT-Fächern und auch von MINT-Fachdidaktiken, vergibt Label als MINT-EC-Schulen, schreibt MINT-Schulwettbewerbe aus usw. Das „T“ für Technik wird jedoch meist marginalisiert oder auch ganz weggelassen. Eine Diskussion, welchen Anspruch und welche Möglichkeiten sich mit dieser Begrifflichkeit verbinden, wenn man sie als Ausdruck einer integrativen Betrachtungsweise sieht, fehlt. Auch eine interdisziplinäre Betrachtung oder sogar Verknüpfung erfolgt nicht und scheint auch nicht intendiert. So bleibt der Eindruck einer „hübschen Begriffsklammer“ von bislang unverbundenen Dingen. Diese Diskussionen finden sich auch beispielsweise in den USA wieder, wo man zwischen STEM oder iSTEM zu unterscheiden versucht³.

Diese Nichtwahrnehmung zeigt sich auch in bildungspolitischen Diskussionen, Papieren und Veröffentlichungen, wo zwar Fachdidaktik der Naturwissenschaften aber keine der Technikdidaktik eingebunden werden.

Auf der anderen Seite kann die Einführung von neuen Fächern zu Lernbereichen von Natur und Technik (vor allem im gymnasialen Eingangsbereich) und auch die Diskussion zur Formulierung und Einführung von Bildungsstandards und Kompetenzen in den Naturwissenschaften auch als Reaktion und Ausdruck der wahrgenommenen Grenzen von Unterrichtsfächern und als Versuch verstanden werden, Antworten auf eine veränderte Situation zu geben. Insofern tragen diese Diskussionen zumindest zur Klärung dessen bei, womit sich junge Menschen in unserer Kultur auseinandersetzen sollen, um sich zu bilden und mündig zu werden, wo eigentlich die Domänen sind – man vermeidet auch hier den Begriff der Fächer – und was domänenspezifische Arbeitsweisen bzw. Lernprozesse sind.

Schon allein aus der Einführung dieser neuen Fächern und Lernbereiche durch die schulpolitische Bildungspraxis ergibt sich ein Bedarf an lernbereichsdidaktischen Theorien. Darüber hinaus wird es infolge der Wissenschaftspartikularisierung und Interdisziplinarität immer schwieriger, einem Fach oder einem Lernbereich eine Wissenschaftsdisziplin zuzuordnen. Diese Diskussion wird inzwischen schon intensiv in den Berufsdidaktiken geführt. So wird die „klassische Rolle der [...] Fachdidaktiken [...] zunehmend in Frage gestellt, wenn diese sich zu sehr an der Logik eines Schulfaches oder einer wissenschaftlichen Disziplin“ orientieren und weniger an den Lernenden und an den sie betreffenden Handlungsfeldern (Pätzold & Reinisch, 2010, S. 161). Diese Diskussion ist durchaus auch in den Fachdidaktiken der allgemeinbildenden Schulen übertragbar. Seit einiger Zeit werden in der Allgemeinbildung fachdidaktische Entwicklungen beobachtet, die aus einem Unterrichtsfach heraus versuchen, neue Antworten zu geben (z.B. TALA 2009 für Physik, (THEUERKAUF für Technik).

In diesem Beitrag wird jedoch zunächst ein Schritt zurückgegangen. Es soll zunächst untersucht werden, wie sich die fachdidaktischen Bezugsgrößen im natur- und technikwissenschaftlichen Lernbereich verändert haben - mit dem Ziel, Herausforderungen der beteiligten Fachdidaktiken herauszuarbeiten und damit Konsequenzen für fachdidaktische Weiterentwicklungen abzuleiten.

³ STEM ist eine Abkürzung für Unterricht in den Feldern „science, technology, engineering, and mathematics. Das Akronym iSTEM betont mit dem „i“ den Anspruch auf „integrating“ (Integration) der genannten Felder.

2 Wandel in den fachdidaktischen Bezugsgrößen

2.1 Gegenstandsbereich der Didaktik und Bezugsgrößen der Fachdidaktik

Um den Wandel in den fachdidaktischen Bezugsgrößen zu beleuchten, soll zunächst bestimmt werden, welchen Gegenstandsbereich Didaktik überhaupt besitzt. Neben der klassischen Bestimmungsmöglichkeit der Didaktik als Wissenschaft vom Lernen und Lernen werden weitere Bestimmungsmöglichkeiten in der Wissenschaft vertreten. Es ergibt sich folgendes Bild: 1. Didaktik sei Wissenschaft vom Lehren und Lernen. 2. Didaktik sei Theorie oder Wissenschaft vom Unterricht. 3. Didaktik sei Theorie der Bildungsinhalte. 4. Didaktik sei Theorie zur Steuerung von Lernprozessen. 5. Didaktik sei Anwendung psychologischer Lehr- und Lerntheorien (Kron, 2004, S. 42).

Aus dieser Diskussion kommt KRON u.a. zu folgender Schlussfolgerung, die für die nachfolgenden Betrachtungen leitend sein soll:

„Didaktik sei die Wissenschaft von den Vermittlungsprozessen von Kultur in spezifischen Gesellschaften.“ (ebd., 47)

Didaktik in diesem Sinne hat also „grundlegend mit Enkulturations- und Sozialisationsprozessen zu tun, insofern das Medium menschlichen Daseins und menschlicher Entwicklung ... die Kultur ist, in der jeder Mensch lebt (ebd., S. 44).“ Damit gehört für KRON das Lernen von Kultur „zu den zentralen Tätigkeiten eines jeden Menschen“ und unterscheidet für diese Lehr- und Lernprozesse drei Ebenen:

- die „Vermittlung von Kultur bzw. um einen für spezifische Lebenszwecke als Fach ‘zugerichteten’ Bereich von Kultur, z.B. Physik“ (ebd., S. 47f).
- den „Vermittlungsprozess als Interaktion und die darin transportierte spezifische Klasse von Kultur, nämlich die Verhaltensweisen und das soziale Handeln einschließlich der darin zum Ausdruck kommenden Normen und Werte“ (ebd., S. 48).
- eine Metaebene zur kritischen Reflexion der zuvor benannten Ebenen.

Begreift man Didaktik in Anlehnung an KRON (2004) und LOCH (1969) nun als Enkulturationswissenschaft und Lehren und Lernen als „Enkulturationshilfe“, dann braucht man eine Bestimmung des Kulturbegriffs. Der Kulturbegriff ist in der Wissenschaft viel diskutiert und auch einem Wandel unterworfen. Ohne diese Diskussionen in ihrer Breite nachgehen zu wollen, kann jedoch gesagt werden, dass sich heute ein semiotischer Kulturbegriff etabliert hat, der Kultur als Subsummierung aller von Menschen geschaffenen Vorstellungen und Gedankenkonstrukte, die sich in Symbolsystemen vergegenständlichen, versteht: Kultur hat somit eine materiale, eine mentale und soziale Seite (Posner, 2008). Technik und ihre Wissenschaften sind somit undiskutierbare Elemente von Kultur, die alle drei Dimensionen von Kultur nicht nur berühren, sondern auch maßgeblich prägen, was im Weiteren noch gezeigt werden wird.

Fachdidaktiken können daraus abgeleitet als Wissenschaften des Lehrens und Lernens in einem definierten Enkulturationsbereich verstanden werden. Sie müssen sich in der Wahl und Begründung der Ziele, der Methoden und des Inhaltes im Unterricht an den kulturellen Gegebenheiten orientieren. Dazu zählen folgende Bezugsgrößen:

1. gesellschaftliche Lebenswirklichkeit.
2. Lernende.
3. Wissenschaften des Enkulturationsbereiches oder des Faches.

Hier soll darauf hingewiesen werden, dass es nicht darum gehen darf, irgendeiner Form der sogenannten Abbilddidaktik, nach der allein der Transfer der Ergebnisse der Fachwissenschaften in den Unterricht stattfinden solle, zu folgen. Unter Verweis auf HILLIGEN (1991) ist die Bezugsgröße der Wissenschaft so zu verstehen, dass Didaktik dasjenige aus den jeweiligen Fachwissenschaften herausfiltern soll, das von allgemeiner, existentieller Bedeutung für das Leben und daher als lehrnotwendig legitimiert gelten kann. Einer der primären Aufgaben der Fachdidaktik ist es damit, zwischen der Fachwissenschaft und den Lernenden zu vermitteln, was im Allgemeinen durch den Begriff der didaktische Reduktion gefasst wird (Köck & Ott, 2002). An die Fachdidaktik wird damit die Anforderung gestellt, sie solle eine „wissenschaftliche Disziplin vom planvollen, institutionalisierten Lehren und Lernen spezieller, gesellschaftlich relevanter Aufgaben-, Problem- und Sachbereiche sein oder werden“ (Schaub & Zenke, 2004, S. 201). Im Folgenden wird gezeigt, welche Veränderungen sich in diesen Bezugsgrößen vollziehen.

2.2 Die gesellschaftliche Lebenswirklichkeit: Der Wandel der Technosphäre

Umwelt kann in eine natürliche Umwelt (Natursphäre) und eine künstliche Umwelt (Sozio- und Technosphäre) unterschieden werden. Die Technosphäre wird als die vom Menschen hervor-gebrachte technische Umgebung in der Gesamtheit der geschaffenen technischen Artefakte, in ihnen ablaufenden technischen Prozessen und den damit verbundenen erwünschten Wirkungen und unerwünschten Nebenwirkungen auch in der Natur- und Soziosphäre - als Kulturleistung - verstanden. Es kommt dabei zu gegenseitigen Durchdringung der Sphären und zur Technisierung aller Lebens- und Arbeitsbereiche, insbesondere auch der Wissenschaften.

In unserer heutigen Gesellschaft sind Veränderungen feststellbar, viele stehen in engem Zusammenhang mit der Technosphäre: Wandel in der Entstehung technischer Produkte und Dienstleistungen, zunehmend globale und hybride Problemlagen und stärker beschleunigtes Wissen.

2.2.1 Wandel der Entstehung technischer Produkte und Dienstleistungen

Zur Klärung der Verhältnisse zwischen Natur und Technik, Technik und Wissenschaft ist es hilfreich, sich die Wurzeln von Technik vor Augen zu führen. Technik ist zunächst sehr viel älter als alle Wissenschaft. Sie wird von ROTH (1965) als eine Welt zwischen der Natur und dem Menschen gesehen:

„Der Mensch hat zu seiner Selbsterhaltung und Selbstentfaltung zwischen der Natur und sich selbst eine Zwischenwelt geschaffen, die von der Technik getragen und bestimmt wird.“ (Roth, 1965, S. 14f)

Technik ist für ROTH sowohl „Hervorbringung“ als auch „Hervorgebrachtes“. Darüber hinaus ist Technik für ihn nicht nur Mittel für den direkten Zweck, sondern durchaus „ein Überschuss über den Zweck hinaus“. Das heißt, Bedürfnisse unterschiedlicher Kategorien (bis hin zu Ausdrucksformen in der Kunst) können befriedigt werden bzw. neue Bedürfnisse entstehen durch vorhandene Technik.

In Anlehnung und Weiterführung an DUDDECK (2010) und HORWITZ (1929) können drei Entwicklungslinien von Technik unterschieden werden:

A: Technik aus tradiertem Erfahrungswissen: Die erste Stufe der technischen Entwicklung ist durch die primär aus Erfahrung gemachte Technik bzw. „die aus Erfindungen gewachsenen [...] Techniken“ gekennzeichnet (Duddeck, 2010, S. 30). Die Hervorbringung von Technik erfolgte lange Zeit aus tradierter Erfahrung und Praxis, d.h. einfache Erfindungen wurden durch immer neu hinzukommendes Erfahrungs- und Erprobungswissen verbessert:

„Im letzten Entwicklungsprodukt ist oft das gesamte Erfahrungswissen aller vorangehenden Generationen eingefangen.“ (Duddeck, 2010, S. 30)

Eine solche Technik wollen wir als Technik aus tradiertem Erfahrungswissen bezeichnen.

B: Durch Wissenschaft beschleunigt entwickelte und verbesserte Technik: Die Verwissenschaftlichung des Hervorgebrachten folgte erst später. So ist eine Quelle der neuzeitlichen Naturwissenschaften diese anfängliche Technik. WEIZÄCKER bezeichnet die Naturwissenschaften auch als „ein Kind einer Ehe zwischen Philosophie und Handwerk“ (Weizäcker, zitiert nach Wagenschein, 1965, S. 308). Eine zweite Quelle der Naturwissenschaften läge im „Staunen über absonderliche Naturvorgänge“. Die Naturwissenschaft erscheint so im Gegensatz zur antiken Wissenschaft, die ihre „Grundlage in der sinnend-verweilenden, in der rein schauenden Haltung des denkenden Geistes“ hatte, eher pragmatisch-praktisch (Fink, 1965, S. 45). Das heißt, es wurde in den Naturwissenschaften nicht nur versucht, Naturvorgänge zu enthüllen, sondern es ging in diesem Zusammenhang auch darum, technische Geräte zu entwickeln, die weitere Entdeckung und Erkenntnis ermöglichen. FRANCIS BACON formulierte in der frühen Neuzeit darüber hinaus einen weiteren Anspruch der Naturwissenschaft, den KÖNIG wie folgt formuliert:

„Technik durch die eigenen Arbeiten mit ihr zu erfassen oder jedenfalls Grundlagen für technische Anwendungen zu schaffen.“ (König, 2010, S. 7).

Die Formulierung dieses Anspruches verdeutlicht die nun neue Erkenntnis, dass in der Technik die Gesetze der Natur herrschen und es nicht um Überlistung der Natur gehe. Damit beginnt ein „... immer schneller ablaufenden Prozeß der gegenseitigen Anregung“ (Hermann, 2010, S. 49) zwischen Technik und Wissenschaft.

Die im Rahmen der Kameralwissenschaften Ende des 18./ Anfang des 19. Jahrhunderts entstehende Technologie, die von Johann Beckmann begründet wurde, beschränkte sich, so KÖNIG (2010), „weitgehend auf die Sammlung und Verwaltung technischen Wissens und klammerte dessen Weiterentwicklung aus“ (ebd., S. 7). Mit der Gründung von Gewerbeschulen, Polytechnischen Schulen und Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert entwickelte sich mit den Technikwissenschaften ein eigener Wissenschaftsbereich, bei dem es nicht nur allein um die Verwissenschaftlichung des „Hervorgebrachten“, sondern zunehmend auch um die des „Hervorbringens“ geht. Zunächst bezogen die Technikwissenschaften ihren Inhalt jedoch allein aus der Mathematik, der Mechanik und den Naturwissenschaften, um diesen, wie KÖNIG formuliert, „auf eine nicht beschriebene Weise umzuformen und an die Industrie weiterzugeben“ (König, 1999, S. 30). Daraus entwickelte sich auch die Interpretation der Ingenieurwissenschaft als angewandte Naturwissenschaft.

Wenn man sich in den Technikwissenschaften zu Beginn noch mit der Deskription und Klassifikation technischer Phänomene begnügte, setzte mit dem Streben nach Wissenschaftlichkeit in der Mitte des 19. Jahrhunderts die „Mathematisierung“ der Ingenieurwissenschaften ein, die jedoch mit einer darauf folgenden „Antimathematikerbewegung“ auch zur Einführung von Methoden der empirischen Forschung (Versuche, Beobachtungen, Messungen) und damit zur Einrichtung von Laboratorien und Versuchsfeldern führte (Lundgreen, 1994, S. 31f, König, 1999, S. 40). MATSCHOB (1898) spricht hier von einem „Band“, das zwischen Naturwissenschaft, Mathematik und Technik gezogen wurde. Daher kann man die Denk- und Arbeitsweise in den Ingenieurwissenschaften von ihrer Anlage her schon als Prototypen der Interdisziplinarität bezeichnen, was an späterer Stelle weiter ausgeführt wird.

Die „Eigenart des technischen Denkens [und Handels, G.G.] als einer wesentlichen Spielart erkennender wie gestaltender menschlicher Möglichkeiten“ (Fischer, 1965, S. 123) wird Gegenstand der Ingenieurwissenschaften. Nach ROPOHL intendiert die ingenieurwissenschaftliche Theorienbildung dabei zwei Ziele:

„1. Das Verhalten eines geplanten technischen Gebildes bzw. die Ergebnisse eines geplanten technischen Verfahrens vorauszusagen und 2. für ein angestrebtes Verhalten bzw. für angestrebte Ergebnisse denjenigen Aufbau des technischen Gebildes bzw. diejenigen Regeln des technischen Verfahrens vorauszubestimmen, mit denen der gewünschte Effekt erzielt wird.“ (Ropohl, 2010, S. 160)

Mit dieser Intention unterscheidet sich die Ingenieurwissenschaft grundlegend von der Naturwissenschaft, ist jedoch gleichzeitig mit ihr verknüpft. KORNWACHS u.a. beschreiben diese Verknüpfung wie folgt:

„Die Vermessung und dann die Technisierung der Welt zeigt, dass Technik immer schon Voraussetzung war, Wissenschaft treiben zu können, aber auch, dass Wissenschaft die Technik transparent gemacht hat, sie vom handwerklichen zum konstruktiven Umgang mit der Welt und den Dingen transformiert hat und Technik und Wissenschaft heute nicht mehr scharf voneinander getrennt werden können.“ (Kornwachs, Spur, & Hubig, 2010, S. 13)

Technikentwicklung und Wissenschaftsentwicklung sind also seit Entstehen der Naturwissenschaften wechselseitig miteinander verknüpft und führen in ihrer Wechselwirksamkeit zu immer schneller aufeinander folgenden Entdeckungen und Erfindungen. Mit dem hinzukommenden wissenschaftlichen Wissen beschleunigten sich die technischen Entwicklungen, aber, wie DUDDECK sagt, „eigentlich auch nur in Form hinzukommender Funktionen, Verbesserungen, Optimierungen“ (Duddeck, 2010, S. 30). Die zweite Stufe der technischen Entwicklung soll damit als durch Wissenschaft beschleunigt entwickelte und verbesserte Technik bezeichnet werden.

C: Primär aus Wissenschaft entwickelte Technik: Die Leistung und die Leistungssteigerung in den Wissenschaften und damit auch in den Natur- und Ingenieurwissenschaften beruhen seit Beginn der Moderne in der Differenzierungsleistung innerhalb des bestehenden Wissenschaftssystems (Grunwald & Schmidt, 2005). Die Notwendigkeit zum Überschreiten der Wissenschaftsgrenzen ergab sich nun gerade aus der Differenz zwischen dieser wachsenden Spezialisierung und zunehmenden Differenzierung der wissenschaftlichen Forschung auf der einen Seite und der komplexen, adisziplinären Wirklichkeit, auf die sich die Forschung richtet, auf der anderen Seite (Jungert, Romfeld, Sukopp, & Voigt, 2010). Gründe für den seit den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts stattfindenden Wandel zur Inter- und Transdisziplinarität⁴ sieht MAINZER in drängenden globalen Problemen unserer Zeit, also „Umwelt, Klimawandel, Energie, Materialforschung, Life Science und Gesundheit“, die originär „problemorientierte Forschungsgebiete“ darstellen (zit. nach ebd., S. VII). Im Kern geht es dabei um die Entwicklung neuer Techniken bzw. um die Gestaltung neuer Produkte zur Lösung dieser Probleme:

„Heute zielt problemorientierte ('transdisziplinäre') Forschung darauf ab, aus der Grundlagen- und angewandten Forschung zur Gestaltung neuer Produkte und neuer Handlungskompetenz zu kommen“ (ebd., VII).

Technische Produkte und Dienstleistungen der Zukunft werden also primär aus und mit Wissenschaft „gemacht“ sein und keine handwerklichen Vorstufen besitzen. Die dritte Stufe der technischen Entwicklung soll daher als primär aus Wissenschaft gemachte Technik ohne handwerkliche Vorstufen bezeichnet werden.

Da die Technik der Zukunft vor allem eine aus Wissenschaft interdisziplinär entwickelte Technik sein wird, muss der Bildungsbereich diese wechselwirksame Verknüpfung von Wissenschafts- und Technikentwicklung verantwortlich und angemessen reflektieren.

⁴ VÖLKER (2004, S. 21) sieht Unvereinbarkeiten in gängigen Definitionen zur Transdisziplinarität (Gegenstand und Erkenntnisinteresse, Auswirkungen auf die Organisationsform der Wissenschaft, gesellschaftlicher Ort), auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird. Vgl. auch BRAND 2004, S. 53.

2.2.2 Wandel von lokalen zu globalen Problemen der Menschheit

In der Vergangenheit waren Probleme, die der Mensch aus der Technosphäre heraus verursachte, meist regional und lokal begrenzt. Durch die Industrialisierung, durch neue Technologien, durch stärkere Nutzung natürlicher Ressourcen und auch durch Besiedlung wurden jedoch die Umwelteinflüsse und die daraus entstehenden Umweltprobleme immer größer und waren nicht mehr lokal eingrenzbar. Umweltprobleme sind so als Nebenfolgen des Modernisierungsprozesses zu verstehen (Mogalle, 2001). Auch im steigenden Bevölkerungswachstum wird eine Ursache für zunehmende Umweltprobleme gesehen (WBGU, 1996). Heute - in der sogenannten globalisierten Welt - steht die Menschheit vor globalen Umweltproblemen. Der WBGU hat bereits 1996 folgende Kernprobleme des globalen Wandels beschrieben, die nach wie vor ungelöst sind:

- Natursphäre: Klimawandel, Bodendegradation, Verlust an Biodiversität, Verknappung und Verschmutzung von Süßwasser, Übernutzung und Verschmutzung der Weltmeere, Zunahme anthropogen verursachter Naturkatastrophen.
- Anthroposphäre (Lebensraum des Menschen): Bevölkerungsentwicklung und -verteilung, umweltbedingte Gefährdung der Welternährung, umweltbedingte Gefährdung der Weltgesundheit, globale Entwicklungsdisparitäten.

Diese globalen, wechselseitig verknüpften Probleme stellen die Wissenschaften vor neue Herausforderungen und Aufgaben, die nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit lösbar sein werden. Insbesondere die Technologieforschung und -entwicklung ist hier in Verantwortung, eine umweltgerechte Technik unter besonderer Berücksichtigung der Wirkungen in alle Bereiche der Umwelt zu entwickeln, die an den Normen und Werten der Gesellschaft ausgerichtet sein muss:

„Das Hauptanliegen der auf Probleme des Globalen Wandels ausgerichteten Technologieforschung ist die Suche nach verbesserten bzw. neuen umweltgerechten technischen Möglichkeiten zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung, insbesondere zur nachhaltigen Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen.“ (WBGU, 1996, S. 109)

Schule mit ihrem Anspruch auf Allgemeinbildung muss Schülerinnen und Schüler auf die Probleme in unserer Welt vorbereiten, so dass sie sich zum einen in dieser Welt orientieren können und dass sie zum anderen verantwortungsbewusst zukünftige Probleme lösen und damit unsere Welt gestalten können.

2.3 Wandel der Wissenschaftskultur

Der beschriebene Wandel der Entstehung technischen Produkte und Dienstleistungen ist eng verbunden mit dem Wandel der Wissenschaftskultur. Im Folgenden werden das veränderte Verständnis und die veränderte Wahrnehmung von Wissenschaft als Technowissenschaft sowie das damit im Zusammenhang stehende Arbeits- und Forschungsprinzip der Inter- und Transdisziplinarität skizziert.

2.3.1 Von der Wissenschaft zur Technowissenschaft

Technoscience (bzw. Technowissenschaft) ist für NORDMANN (2005) zunächst eine Wortneuschöpfung für soziale Praktiken, bei denen Technik und Wissenschaft untrennbar verbunden sind und begrifflich nicht mehr auseinandergehalten werden können. Unter Technowissenschaft soll in Anlehnung an NORDMANN (2010) im Folgenden ein Konglomerat aus Natur- und Ingenieurwissenschaften mit einer wechselseitigen Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und Anwendungsorientierung verstanden werden.

Dieses Symptom steht für den Wandel der Wissenschaftskultur, der Forschungspraxis und des veränderten Selbstverständnisses; die Unterschiede werden von NORDMANN (2005) an folgenden Symptomen festgemacht: Das Selbstverständnis der traditionellen Wissenschaften läge im Verstehen. Zwischen Erkenntnis und Eingriff werde deutlich unterschieden. Erkenntnis werde hier als Voraussetzung für einen von ihr abgelösten Eingriff in die Natur verstanden. Bei den Technowissenschaften gelte diese Trennung nicht mehr, es gehe primär um die Entwicklung von „Nutzbarem“, also gerade auch um den Eingriff. Tabelle 1 fasst weitere Symptome zusammen.

Tabelle 1: Symptome der Wendung zur Technowissenschaft (nach NORDMANN 2005)

Traditionelle Wissenschaft - Verstehen	Technowissenschaft - Eingriff
Trennung zwischen Erkenntnis und Eingriff Erkenntnis als Voraussetzung für den Eingriff in die Natur	Trennung gilt nicht mehr, es geht um die Entwicklung von „Nutzbarem“
Darstellende Hypothesen über die Natur Geistig und sprachliches Weltverständnis	Eingreifende Gestaltung einer hybriden Kultur/Natur
Quantitative Voraussagen und hochgradige Falsifizierbarkeit	Suche nach Strukturähnlichkeiten und qualitativer Bestätigung
Artikulation von naturgesetzlichen Kausalbeziehungen oder Mechanismen	Erkundung interessanter oder nützlicher Eigenschaften
Orientierung auf die Lösung theoretischer Probleme	Eroberung eines neuen Terrains für technisches Handeln
Hierarchistische Organisation von Natur und Wissenschaft	Orientierung auf transdisziplinäre Objekte und Modelle
Trennung von (wissenschaftlicher) Gesetzmäßigkeit und (technischer) Machbarkeit	Programmatische Gleichsetzung von natürlich bzw. physikalisch Möglichem mit technisch Realisierbarem
Erkenntnisideal/-interesse: „Wahrheit“ Interesselosigkeit, Zweckfreiheit, Eng gefasstes Erkenntnisinteresse	Erkenntnisideal/-interesse: „Aneignung“ im Sinne von praktischem Zueigenmachen, „Aufrüsten“ der Fähigkeiten der Forscher Weder wissenschaftliche Suche bloß nach besseren Theorien noch die technische Entwicklung bloß von besseren Geräten

Der wesentliche Unterschied zwischen Technowissenschaften und der Wissenschaft besteht nach NORDMANN (2010) in ihren Zielsetzungen, wo es der epistemisch orientierten Wissenschaft um das richtige Verstehen und die Systematisierung von Kausalzusammenhängen geht und nicht um ihre Nützlichkeit in Fragen der Messung, Visualisierung, Modellierung, Phänomenbeherrschung und Schaffung neuer Artefakte mit gesellschaftlicher Relevanz. Technowissenschaftliche Wissensproduktion kann damit als Verknüpfung von Erkenntnis und Innovation verstanden werden, um sowohl Welt zu erklären als auch Prozesse zu beeinflussen.

NORDMANN (2011 b) weist jedoch auch darauf hin, dass die Kultur der Technowissenschaft nicht neu sei: Pharmazie, Agronomie, Forstwirtschaft, Pflegewissenschaft, Materialwissenschaft, Informations- und Kommunikationstechnologie, Synthetische Chemie, Nanotechnologie, Ergonomik sind für ihn Wissenschaftsgebiete, in denen die Zielrichtung auch schon immer auch der „Eingriff“ gewesen sei. Und das trifft übrigens für die Gesamtheit aller ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen zu.

NORDMANN (2011 a) sieht damit zwei Zeitalter: Im „Zeitalter der Wissenschaft“ orientiere sich alle Wissenschaften, auch die Technowissenschaften, an dem Ideal der Trennung von Darstellung und Eingriff, also auch der Trennung von Wissenschaft und Technik, Natur und Kultur, Gegebenem und Gemachtem, (organischem) Wachstum und (dinghafter) Konstruktion. In die-

sem Zeitalter erschienen auch die Technowissenschaften als „unrein“. Im „Zeitalter der Technowissenschaften“ jedoch erschiene das Ideal einer „reinen“ Wissenschaft überholt. In diesem Zeitalter legitimiere sich selbst die „Grundlagenforschung“ nicht mehr in Bezug auf das Aufklärungsideal von Wahrheitssuche als Lebensform. Auch sie sei jetzt „anwendungsorientiert“.

Dieses Wissenschaftsverständnis wird inzwischen nicht nur für natur-, technikwissenschaftliche Forschung, sondern auch für sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung diskutiert. Auch die Geistes- und Sozialwissenschaften gehören nach NORDMANN (2011b) ins Zeitalter der Technowissenschaften, sie entwickeln im Milieu der Technik robuste Umgangsweisen mit Folgeproblemen („zweite Moderne“)⁵. Diese Diskussion soll hier jedoch nicht weitergeführt werden.

Bezogen auf unsere Ausgangsfrage bedeutet diese Entwicklung der Wissenschaftskultur, dass Naturwissenschaften sowohl als Wissenschaften im traditionellen Sinne als auch als Technowissenschaften der zweiten Moderne verstanden werden können. Ingenieurwissenschaften dagegen sind schon immer Technowissenschaften, sie gelten jedoch, im Gegensatz zu früher, nicht mehr als „unrein“. Ihre Besonderheit, die in der Verknüpfung von Erkenntnis und Anwendung liegt, wird nun zur Kennzeichnung einer neuen Wissenschaftskultur verwendet. Dies sollte nicht unbeachtet und unerwähnt bleiben.

2.3.2 Von der Disziplinarität zur Inter- und Transdisziplinarität als neues Forschungsprinzip

Die Entwicklung des Forschungs- und Arbeitsprinzips der Inter- und Transdisziplinarität ist mit der Entstehung der globalen Probleme, die aus einer Disziplin allein nicht lösbar sind, eng verbunden. Im Folgenden soll versucht werden, wesentliche Merkmale der Disziplinarität und der Inter- und Transdisziplinarität aufzuzeigen.

Zunächst ist festzustellen, dass die Grenzen von Disziplinen sind nicht allein durch die Gegenstände definieren, sondern vor allem durch „die Art und Weise, wie wir theoretisch mit ihnen umgehen“ (Mittelstraß, 2005, S. 19). Dazu kommt, dass Disziplinen auch historisch bedingte Grenzen besitzen. In der Wissenschaftsentwicklung kam und kommt es nun zu einer Partikularisierung der Disziplinen und Fächer. Das führt nach MITTELSTRASS jedoch auch zur Abnahme der Fähigkeit, noch in Disziplinaritäten, d. h. in größeren wissenschaftlichen Einheiten, zu denken. Disziplingrenzen werden so zu Erkenntnisgrenzen:

„Grenzen der Fächer und Grenzen der Disziplinen, wenn man sie so überhaupt noch wahrnimmt, drohen mehr und mehr nicht nur zu institutionellen Grenzen, sondern auch zu Erkenntnisgrenzen zu werden.“ (Mittelstraß, 2005, S. 18)

Diese Erkenntnisgrenzen ergeben sich aus den ganzheitlichen Problem- und Fragestellungen der Wirklichkeit (z.B. Umwelt, Klimawandel, Energie, Gesundheit). Das Zentrum für Interdisziplinäre Forschung in Bielefeld stellt dazu fest:

„Die Wirklichkeit hingegen, auf die sich die Forschung richtet, ist vielschichtig und komplex und nicht in Disziplinen eingeteilt. Deshalb können die meisten Fragen der Forschung nicht aus den einzelnen Fächern heraus gelöst werden.“ (Vollmer, 2010, S. 47f)

⁵ NORDMANN (2011b) führt hier folgende Beispiele an: 1) sozialwissenschaftliche Begleitforschung: Meinungsforschung ist Entwicklung von „experiments in governance“, die Interventionen sind, die zur Bildung eines robusten gesellschaftlichen Konsenses beitragen, 2) Beispiel Nanoethik (bereits eine Springer Zeitschrift): imaginativ immersive Anpassung an visionäre Anwendungsszenarien, um Orientierungsangebote zu entwickeln und 3) Beispiel Technikfolgenabschätzung: sucht Lösung des technischen Problems, weder zu früh noch zu spät in Entwicklungsprozesse einzugreifen, damit die Zukunft gestaltbar bleibt.

Diese Entwicklung, auch als Asymmetrie von Problementwicklungen und disziplinären Entwicklungen bezeichnet, vergrößert sich durch die wachsende Spezialisierung der Disziplinen noch weiter (MITTELSTRASS 2005). Die Problementwicklungen selbst, die nach einer Lösung verlangen, führen also zur Interdisziplinarität:

„Sie verlangen vielmehr die Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen: inter disciplinas.“ (Vollmer, 2010, S. 48)

Zusammengefasst ergibt sich folgende Konstellation:

- Vor uns stehen hybride Problemstellungen der Wirklichkeit, die gelöst werden müssen.
- Technowissenschaften als Wissenschaften der 2. Moderne zielen auf Wissensproduktion und Erkenntnisgewinn, die auf Anwendung und Problemlösung gerichtet sind.
- Die Lösung der hybriden Problemstellungen erfordert eine Zusammenarbeit der Disziplinen.

Das sich daraus ergebende Forschungs- und Wissenschaftsprinzip wird als Transdisziplinarität bezeichnet. Es wird nach MITTELSTRASS (2005) dort wirksam, wo eine rein fachliche oder disziplinäre Definition von Problemstellungen und deren Lösung nicht möglich ist. Auch BERGMANN u.a. (2010) definieren Transdisziplinarität im so verstandenen Sinne:

„Transdisziplinarität ist eine Reaktion auf sich verändernde epistemische Anforderungen an Wissenschaft und Forschung, ein Versuch, wissenschaftlich geregelt und reflektiert mit hybriden Problemstellungen umzugehen – mit anderen Worten: ein Wissenschafts- und Forschungsprinzip.“ (Bergmann, Jahn, Knobloch, Krohn, Pohl, & Schramm, 2010, S. 23)

Wichtig ist jedoch zu betonen, dass die Engführung der Disziplinen zwar aufgehoben wird, das jedoch nicht zwangsläufig in einen neuen disziplinären Zusammenhang führen muss, sondern dass disziplinären Kompetenzen wesentliche Voraussetzungen für transdisziplinär definierte Aufgaben bleiben (MITTELSTRASS 2005). Gleichzeitig ist es aber möglich, dass aus den beteiligten Disziplinen neue Disziplinen entstehen, wie beispielsweise Biochemie, Mechatronik oder Bionik.

EULER sieht in der sich anknüpfenden wissenschaftspolitischen Forderung nach Interdisziplinarität eine Reaktion

„auf die sich verselbständigende (unreflektierte, G.G.) Ausdifferenzierung des Wissenschaftssystems, mit der Folge der Preisgabe der Prinzipien der Einheit von Forschung und Lehre und der Idee der Einheit der Wissenschaften“ (Euler, 2005, S. 64).

Mit der Forderung nach Interdisziplinarität solle „die für die Forschung notwendige Freiheit mit ihrem einzig sie legitimierenden Zweck, dem der humanen Menschheitsentwicklung, in Übereinstimmung gebracht werden“ (ebd.). Insofern versteht EULER Interdisziplinarität als Wiederaufnahme der Bildungsdimension in der Wissenschaft und begreift sie als „Re-Vision der Wissenschaft unter den Bedingungen ihrer unreflektierten Ausdifferenzierung und gesellschaftlichen Funktionalisierung“ (ebd.).

Eine Trennung zwischen dem ursprünglich reinen Entdecken in der Naturwissenschaft und dem reinen Erfinden in der Ingenieurwissenschaft existiert im inter- und transdisziplinären Forschen und Entwickeln nicht mehr. Heute geht es um die wissenschaftsgeleitete Entwicklung und Gestaltung neuer Produkte zur Lösung von hybriden Problemstellungen der Wirklichkeit. Dieser sich so stellende Problem-Produkt-Zusammenhang kann auch als Zweck-Mittel-Relation gesehen werden, der im Allgemeinen als spezifisch für Technik und Technikentwicklung gesehen wird. Die entstehenden technischen Artefakte können so als Integrationsfigur oder Kondensationsprodukt der beteiligten Wissenschaften verstanden werden.

2.4 Wandel im pädagogischen Denken und Handeln

Ein weiterer Bezugspunkt der Fachdidaktiken liegt nicht zuletzt in den Lernenden selbst, d.h. wie man ihnen durch Lehren und Lernen Enkulturation ermöglicht. Daher ist es nur konsequent, sich mit Diskussionen zu veränderten Sichtweisen pädagogischen Denkens und Handelns auseinanderzusetzen.

2.4.1 Wandel von einer linear-deterministischen Sichtweise zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise

Der Diskurs zur konstruktivistischen Pädagogik führte zur Erkenntnis, dass die Positionen zum Konstruktivismus am ehestens in einem Wechsel in der pädagogischen Grundhaltung festgemacht werden können, ohne dabei die Grenzen des Konstruktivismus zu übersehen:

„Die Ansicht, dass ein konstruktivistischer Ausgangspunkt für die Pädagogik nicht zu einer bestimmten Auswahl von Methoden und Handlungsmodellen führen kann, sondern eine veränderte Grundhaltung und Betrachtungsweise nahe legt, ist in der Diskussion um eine konstruktivistische Pädagogik weitgehend anerkannt (Glasersfeld 1996, 285; Reich 2000, 285f; Voß 1998; Balgo/Voß 1997; Terhart 1999, 57f; Krüssel 1995, 136). (Lindemann, 2006, S. 200)

Diesen Wandel der pädagogischen Grundhaltung kennzeichnet LINDEMANN als einen Wandel von einer linear-deterministischen Sichtweise zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise (vgl. Tabelle 2). LINDEMANN kommt unter Rückbezug auf TENORTH (1994) hinsichtlich einer konstruktivistischen Grundhaltung zu folgender Einschätzung:

„Konstruktivistisches Denken ist sowohl in seiner erkenntnistheoretischen als auch pädagogischen Standortbestimmung anschlussfähig an pluralistische Weltanschauungen, die in der Vielfalt von Lebenswelten, Kulturen, Erziehungsmöglichkeiten und -entwürfen keine Aufforderung zur Vereinheitlichung sehen, sondern zum reflexiven Umgang mit Ähnlichkeiten und Differenzen.“ (Lindemann, 2006, S. 202)

Betrachtet man nun die Aspekte der pädagogischen Grundhaltungen unter der Perspektive eines Lernbereiches zu Natur und Technik und unter Berücksichtigung des Wandels der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft, dann wird auch bei einem nur flüchtigen Blick deutlich, dass viele der Aspekte einer systemisch-konstruktivistischen Grundhaltung für Technik und Technikentwicklung zutreffen.

So geht es aus der erkenntnistheoretischen Sichtweise nicht um Erkenntnis als Abbildung, sondern um Erkenntnis als gedankliche Konstruktion, die im Zusammenspiel zwischen gegenständlicher Konstruktion eines Artefaktes auf der einen Seite und Antizipation und Reflexion der gegenständlichen Konstruktion auf der anderen Seite entsteht. In der Technik und Technikentwicklung geht es ebenfalls nicht um richtig oder falsch, sondern schon immer um Relevanz oder Unrelevanz bzw. Viabilität oder Unviabilität. Es geht nicht um Objektivität, sondern um Relativität in dem Spannungsfeld zwischen naturgesetzlich Möglichem, technisch und technologisch Machbaren, dem ethisch, ökologisch und sozial Vertret- und Wünschbaren, dem ökonomisch Vernünftigen und dem politisch Durchsetzbaren.

Auch bezüglich eines pädagogischen Perspektivenwechsels kommt man mit einem Lernbereich zu Natur und Technik den Aspekten einer systemisch-konstruktivistischen Grundhaltung sehr nah. So ist Technik und Technikentwicklung auch immer ein Ausdruck des Vorhandenseins verschiedener Lösungswege und nicht nur eines richtigen Lösungsweges. Dieses Merkmal scheint für das pädagogische Potential von Technik und Technikentwicklung prädestiniert zu sein. Das Feld von Technik und Technikentwicklung bietet darüber hinaus vielfältige Anlässe und Anregungen für Fragen, anstelle nur Antworten zu geben. Insbesondere technische Problemstellungen bzw. Fehler oder auch Störungen können einerseits als Ausgangspunkt und Anlass der

Entwicklung und Weiterentwicklung der Technik selbst gesehen werden, können andererseits aber auch zur individuellen Entwicklung und Weiterentwicklung der Problemlöser selbst angesehen werden.

Sowohl der erkenntnistheoretische als auch der pädagogische Perspektivenwechsel von einer linear-deterministischen zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise bietet die Chance, die didaktischen Potentiale der Auseinandersetzung mit Technik und Technowissenschaften zu erkennen und anzuerkennen.

Tabelle 2: Aspekte einer linear-deterministischen Sichtweise in Gegenüberstellung zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise (Lindemann, 2006, S. 201)

Linear-deterministische Sichtweise	Systemisch-konstruktivistische Sichtweise
Erkenntnistheoretischer Perspektivenwechsel	
Lineare Modelle	Nicht-lineare Modelle
Erkenntnis als Abbildung	Erkenntnis als Konstruktion
Verbindliche Wahrheit	Pluralität von Wirklichkeitskonstruktionen
Objektivität	Relativität
Richtig – falsch	Viabel/relevant – unviabel/ irrelevant
Triviales Menschenbild	Nicht-triviales Menschenbild
Ethische Setzung	Verantwortung
Pädagogischer Perspektivenwechsel	
Pädagogische Richtung	Pädagogische Grundhaltung
Lehrerin, Erzieherin	Coach, Beraterin, Facilitator
Pädagogin ist Akteurin der Entwicklung	Jeder ist Akteur seiner eigenen Entwicklung
Unmündiger Zögling	Autonomes Subjekt
Gesteuerte Wissensvermittlung	subjektive Konstruktion von Wissen
Vermittlung von Antworten	Anregung von Fragen
Fakten lernen	Das Lernen lernen
Belehrung	Lern- und Entwicklungsbegleitung
Ein richtiger Lösungsweg	Verschiedene Lösungswege
Methodengläubigkeit	Methodenvielfalt
Lernprogramm	Bereitstellen von Lernanlässen
Fehler abwerten und vermeiden	Fehler wertschätzen und nutzen
Vereinheitlichung	Differenzierung
Objektive Bewertung	Subjektive Einschätzung
Fremdbewertung	Meta-Reflexion
Fremdbestimmung	Selbstbestimmung
Anweisung	Dialog
Verantwortung und Mündigkeit als Ziel	Verantwortung und Mündigkeit als Weg

2.4.2 Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion als neu interpretierte Muster pädagogischen Denkens

Im Zusammenhang mit der systemisch-konstruktivistischen Betrachtungsweise soll auf die von REICH (2005) entwickelten Beobachterperspektiven (Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion) hingewiesen werden, da sie geeignet scheinen, das Feld von Natur und Technik anders als bisher erschließen zu können. REICH schließt in seiner systemisch-konstruktivistischen Pädagogik an neuere Erkenntnisse der Erkenntnistheorie und fordert Konsequenzen von der Pädagogik:

„Zu solchen Konsequenzen gehört die Einsicht in die prinzipielle konstruktive Basis unseres Erkennens und die Aufgabe von geschlossenen, abbildenden, ganzheitlichen Weltbildern (...) Der Konstruktivismus gibt den Beobachtern Selbstvertrauen und Mut für die eigene konstruktive Erkenntnistätigkeit (...).“ (Reich, 2005, S. 119)

Diese konstruktive Erkenntnistätigkeit sieht er in einem didaktischen Zirkel von drei Denk- und Handlungsweisen: Konstruktion (Erfinden), Rekonstruktion (Entdecken) und Dekonstruktion (Enttarnen). Dieser Dreiklang stellt für ihn eine konstruktive Erkenntnishaltung dar, die man sich als Zirkel ineinander übergehender Elemente vorstellen kann. Im Zentrum stehen Konstruktionen ideeller oder materieller Art, die selbst entwickelt werden (Erfinden), die entdeckt werden (Entdecken) oder die infrage gestellt werden (Enttarnen).

Konstruktion bzw. Erfinden: REICH misst der Konstruktion dabei eine zentrale Bedeutung zu und gibt ihr das Motto: Wir sind die Erfinder unserer Wirklichkeit:

„Eine konstruktivistische Pädagogik sollte sowohl ihre Inhalte als auch die zwischenmenschlichen Beziehungen [...] grundsätzlich konstruktivistisch ausrichten: Selbst erfahren, ausprobieren, experimentieren, immer in eigene Konstruktionen ideeller oder materieller Art überführen und in den Bedeutungen für die individuellen Interessen-, Motivations- und Gefühlslagen thematisieren.“ (ebd., S. 119)

Damit knüpft REICH direkt an PIAGETS Entwicklungstheorie an, die Kinder vor allem als aktiv Lernende begreift. KRON (2004) beschreibt das wie folgt:

„Unter Konstruktion versteht Reich die Erfahrung, dass Menschen – wie Watzlawick es formuliert hat – ihre Wirklichkeit erfinden. Sie zeigen dabei Intentionen und Tätigkeiten: Sie wollen etwas selbst erfahren und ausprobieren; sie wollen experimentieren; sie wollen eigene Interessen, Gefühlslagen und Motivationen realisieren“ (Kron, 2004, S. 154)

Es geht also um das Entwickeln eigener Gedanken, eigener Ideen und auch die Umsetzung in die Praxis. Konstruktionen materieller Art beruhen dabei auf Konstruktionen ideeller Art und wirken wieder auf das ideelle Konstrukt zurück. Ein Erfinden in diesem Verständnis ist sehr eng mit Kreativität und damit auch Kreativitätsförderung verbunden.

Rekonstruktion bzw. Entdecken: Die zweite Perspektive einer konstruktivistischen Pädagogik ist die Rekonstruktion. Nicht alle Erkenntnis kann durch eigenes Erfinden gewonnen werden. Daher betont REICH (2005) die Notwendigkeit des Entdeckens bzw. Rekonstruierens, dessen Motto lautet: Wir sind die Entdecker unserer Wirklichkeit. Er begründet die Notwendigkeit der Rekonstruktion wie folgt:

„Zeit, Raum und soziale Welt, unsere Lebensformen in unserer Kultur, werden zwar nur angeeignet, indem wir sie – psychologisch betrachtet – konstruktiv verarbeiten, aber hierbei erfinden wir nicht alles neu. Immer mehr Lernzeit wird darauf verwendet, die Erfindungen Anderer für uns nachzuentdecken.“ (ebd., S. 119)

KRON (2004) verweist dabei insbesondere auf die sozialen und kulturellen Gegebenheiten, die bei der Rekonstruktion zu berücksichtigen sind:

„Rekonstruktion bedeutet, dass Menschen ihre Wirklichkeit entdecken und zur Darstellung bringen, d.h. konstituieren. Konstitutionsprozesse dieser Art setzen also an sozialen und kulturellen Gegebenheiten an, an den Newton'schen Gesetzen und fragen wann, wo, unter welchen Umständen und mit welchen Mitteln Newton zur Erkenntnis und Formulierung seiner Gesetze kam und wer vielleicht in seiner Zeit seine Arbeit kritisiert oder gar bekämpft hat.“ (ebd., S. 154)

Die eigene Motivation des Entdeckers sowie das Herausfinden der Motivation des Erfinders, dessen Erfindung nachentdeckt wird, beeinflussen den Lernerfolg. REICH stellt dazu fest, „dass wir Fakten dann sinnverstehend besser behalten, wenn wir etwas über die Motive – und in diesem Zusammenhang immer auch über unsere Motive – erfahren“ (Reich, 2005, S. 119). Beim Entdecken geht es also um die Auseinandersetzung mit fremden Konstruktionen ideeller und materieller Art, um zu Erkenntnissen zu gelangen.

Dekonstruktion bzw. Enttarnen: Die dritte Perspektive der konstruktivistischen Pädagogik ist die Dekonstruktion, die die vorher beschriebenen Erkenntniswege ergänzt. Das Motto der Dekonstruktion nach REICH ist: Es könnte anders sein! Wir sind die Enttarnen unserer Wirklichkeit! Das Enttarnen schließt den Kreis zum Erfinden und Entdecken, denn hier werden die eigenen Konstruktionen (durch Erfinden) oder fremden Konstruktionen (durch Entdecken) in Frage gestellt.

REICH beschreibt den Enttarnen durch die Positionierung zwischen Linearität und Kausalität vs. Zirkularität und Systemisches:

„Je mehr auf klare Linearität und Kausalität in der Wissenschaft gesetzt wird, um so mehr wird der Dekonstruktivist verabscheut, weil er zirkulär und systemisch denkt und alles durcheinander bringt. Er ist jener Chaot, der das System verstört, weil er an den selbstverständlichsten Funktionsweisen innehält und dumme Fragen stellt.“ (ebd., S. 121)

„In einer konstruktivistischen Pädagogik aber sollen wir alle zu Dekonstruktivisten werden können, um dann in den Zirkel der Konstruktion und Dekonstruktion zurückzufinden.“ (ebd.)

Dekonstruktion beinhaltet nach KRON (2004) kritisches Hinterfragen, um „Gegensätzliches, Andersartiges, Hintergründiges, Zwiespältiges“ aufzudecken. REICH (2005) geht es jedoch beim Dekonstruieren nicht einfach nur um „skeptischen Zweifel“, sondern vor allem um mögliche andere Blickwinkel, die in der Konstruktion des Anderen nicht gesehen wurden. Daher betont er auch die Notwendigkeit konstruktiver Schlussfolgerungen.

Vereinfacht ist folgende Unterscheidung hilfreich: Immer, wenn fremde Konstruktionen ideeller oder materieller Art vorgegeben werden, handelt es sich um Entdecken – wir sind mit den Lernenden auf der Seite der gestalteten Welt (vgl. Abbildung 1). Wenn dagegen eigene Konstruktionen ideeller oder materieller Art im Vordergrund stehen, handelt es sich um Erfinden – die Gestaltung von Welt. Das Enttarnen kann und sollte sich auf die fremden oder auch eigenen Konstruktionen beziehen (vgl. auch Graube, 2013).

Technik in seiner Dualität von Gestaltung von Welt und gestalteter Welt bzw. Technikentwicklung und Technik kann mit diesem didaktischen Dreiklang von Erfinden, Entdecken und Enttarnen verschränkt werden. Auf der Seite der gestalteten Welt kann vorhandene Technik und Technikentwicklung entdeckt werden. Auf der Seite der Gestaltung von Welt kann Technik selbst neu erfunden werden, in dem man Technik gestaltet oder an deren Entstehung beteiligt ist. Die Pole des Entdeckens und Erfindens können durch das didaktische Konstrukt des Enttarnens geschlossen werden. Beim Enttarnen stellt man das Entdecken und das Entdeckte sowie das Erfinden und das Erfundene in Frage und sucht nach Schwachstellen, um diese dann im Erfinden zu beheben. Dieses Vorgehen ist typisch bei Technikentwicklungen.

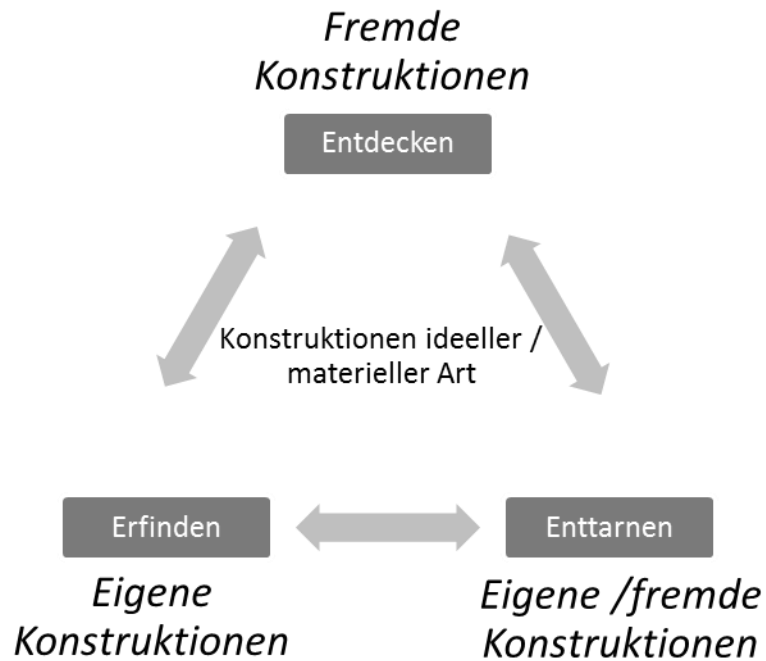


Abbildung 1: Erfinden, Entdecken und Enttarnen von Konstruktionen ideeller und materieller Art (Quelle: Graube 2013)

Die didaktischen Grundfiguren des Erfinders, Entdeckers und Enttarners aus der systemisch-konstruktivistischen Pädagogik erscheinen geeignet, sie direkt für eine Auseinandersetzung mit Technik und Technowissenschaften zu verwenden. Die Figur des Erfinders hat dabei eine besondere Rolle. Sie hat aber dort Grenzen, wo der Wissenschaftsbezug die Lernenden überfordert. Hier sind dann die Figuren des Entdeckers oder Enttarners eher angezeigt.

3 Konsequenzen aus dem Wandel der fachdidaktischen Bezugsgrößen

Die Betrachtung der Bezugsgrößen der Fachdidaktik für den Enkulturationsbereich Natur und Technik hat gezeigt, dass es zu gravierenden Veränderungen in der Gesellschaft und auch in der Wissenschaftskultur gekommen ist. Abbildung 2 veranschaulicht in einem darauf bezogenen Ebenenmodell die Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den didaktischen Bezugsgrößen. Dabei wird zwischen der Wissenschaftsebene, der Gestaltungsebene, Ebene der Lebenswirklichkeit sowie der darin eingebundenen Lehr-/ Lernebene unterschieden. Hervorzuheben ist die besondere Rolle der Didaktik, die als Reflexionsinstanz zu verstehen ist. Wenn man nun unter einem Paradigma in Anlehnung an KRON (2004) die Ansammlung von wissenschaftlicher Erkenntnis und auch grundlegender Interpretationen des Verhältnisses des Menschen zur Welt versteht, dann müssen wir zunächst einen solchen Paradigmenwechsel zur Kenntnis nehmen und daraus didaktische Konsequenzen ziehen.

Dazu gehören a) zunächst die angemessene Reflexion des Paradigmenwechsels selbst und b) eine anschließende Weiterentwicklung didaktischer Ansätze und Modelle bis hin zu einem didaktischen Paradigmenwechsel.

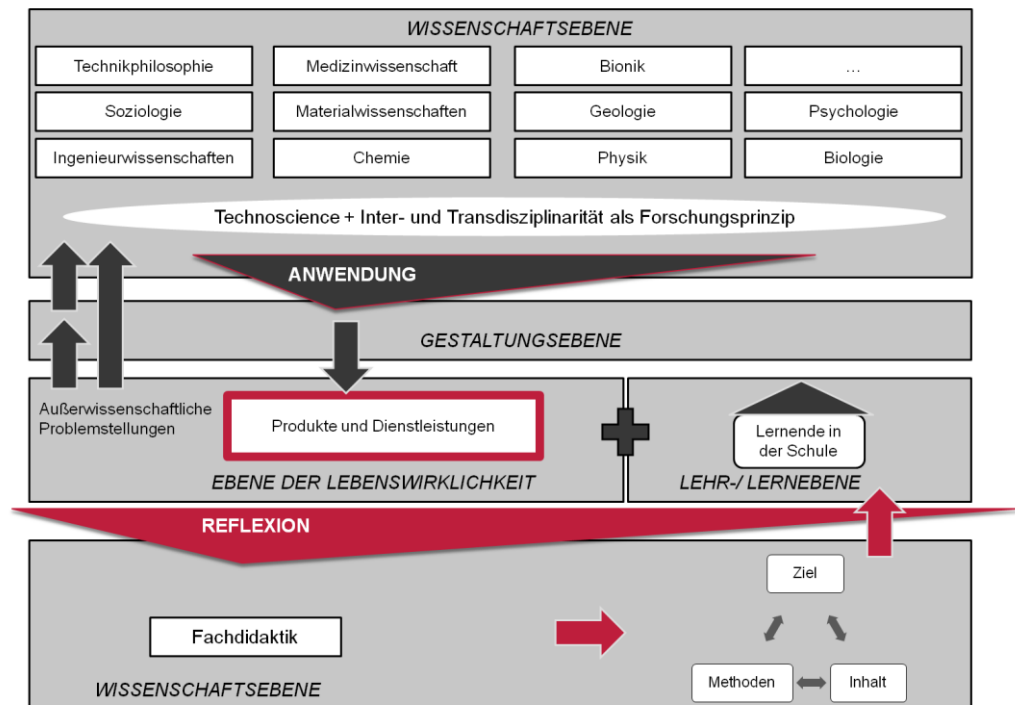


Abbildung 2: Ebenenmodell zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen den didaktischen Bezugsgrößen

3.1 Reflexion des Paradigmenwechsels in der Didaktik

Wenn in der Fachdidaktik die Anforderung gestellt wird, sie solle eine „wissenschaftliche Disziplin vom planvollen, institutionalisierten Lehren und Lernen spezieller, gesellschaftlich relevanter Aufgaben-, Problem- und Sachbereiche sein“ (Schaub & Zenke, 2004, S. 201), dann müssen die Veränderungen in den gezeigten gesellschaftlich relevanten Bereichen in der Fachdidaktik reflektiert werden.

Das heißt, es braucht eine Reflexion des Paradigmenwechsels in den vorher betrachteten didaktisch relevanten Bereichen, das sind:



Abbildung 3: Paradigmenwechsel der fachdidaktischen Bezugsgrößen

1. Wandel der Technosphäre.
2. Wandel der Wissenschaftskultur (TechnoScience),
3. Wandel im pädagogischen Denken und Handeln.

Die Reflexion des Paradigmenwechsels ist jedoch in den Anfängen. Die Nabatech-Studie (2009) konstatiert für den Wissenschaftsbereich:

„Das Verhältnis von Technik und Naturwissenschaften scheint unter der zunehmenden Transdisziplinarität neu bestimmt zu werden. Was im Wissenschafts- und Berufsalltag längst zusammen gewachsen ist, wurde im Bildungssystem bisher nicht reflektiert.“ (acatech und VDI, 2009, S. 15)

Das gilt sowohl für die Bildungswissenschaften als auch für die Fachdidaktiken im speziellen. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass diese Reflexion auch das Verhältnis von Natur und Technik bzw. Natur- und Technikwissenschaften einschließen muss und keinesfalls allein auf eine Reflexion des Verhältnisses von Technik und Naturwissenschaften begrenzt bleiben darf.

Im Ergebnis der obigen Betrachtungen müssen Konsequenzen für die Fachdidaktiken abgeleitet werden. Zurzeit zeichnen sich drei Wege unterschiedlicher Reichweite ab, die insbesondere Auswirkungen auf den Stellenwert und Bildungsgehalt technischer Allgemeinbildung haben und haben werden:

1. Man verschließt die Augen vor dem Paradigmenwechsel und bleibt bei einer vornehmlich klassischen Betrachtungsweise der Wissenschaften, also der Trennung in kausal orientierte und final orientierte Wissenschaften, so wie sie bisher ihren Niederschlag in den Fachdidaktiken gefunden haben.
2. Der Paradigmenwechsel wird in jeder Fachdidaktik unabhängig voneinander reflektiert und daraus werden ggf. neue fachdidaktische Modelle abgeleitet. Diese Entwicklung der Fachdidaktik wäre bei einer traditionellen Betrachtungsweise der Wissenschaften nach wie vor möglich. So würden aber das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität und der Charakter der Technowissenschaften nicht Eingang finden können. Und damit würden didaktische Potentiale technischer Allgemeinbildung und technikdidaktische Prinzipien weiterhin ohne ausreichende Berücksichtigung bleiben.
3. Der Paradigmenwechsel wird fachdidaktisch interdisziplinär reflektiert. Nur so kann m.E. sowohl das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität als auch der Wandel der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft ausreichend Eingang in

didaktische Modelle finden. Nur so kann die wechselseitige Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und Anwendungsorientierung aus Natur- und Ingenieurwissenschaften Berücksichtigung finden. Und nur so kann das didaktische Potential der Auseinandersetzung mit Technik und Technikentwicklung Eingang finden und zu didaktischen Innovationen⁶ führen.

Im Folgenden soll ein solch fachdidaktischer Paradigmenwechsel diskutiert werden.

3.2 Fachdidaktischer Paradigmenwechsel

Der Paradigmenwechsel in den drei Bezugsgrößen der Didaktik, wobei der Wechsel der Wissenschaftskultur von den traditionellen Wissenschaften zu den Technowissenschaften eine herausgehobenen Bedeutung zu besitzen scheint, erzwingt letztendlich einen Paradigmenwechsel in den Diskussionen zu Unterricht, Konzepten, Modellen und Theorien. So ist die Frage zu stellen, ob Ziele, Inhalte und auch Methoden des Lehren und Lernens im Enkulturationsbereich Natur und Technik reformuliert werden müssen.

Redefinitionen einer Didaktik als Technoscience Education, die allein aus einer einzelnen Didaktik heraus entwickelt wird (beispielsweise der Physik), bergen die Gefahr der Nichtwahrnehmung der noch zu entdeckenden didaktischen Potentiale der Technowissenschaften. Diese sind, wie gezeigt, primär auf Innovation ausgerichtet und folgen nicht dem klassischen Bild der erkennenden Wissenschaft – das muss seinen Niederschlag in der Didaktik finden. Darüber hinaus besteht, wenn Technikdidaktik ausgeblendet wird, die nicht geringe Gefahr der weiteren Marginalisierung von technischer Allgemeinbildung bzw. der Vereinnahmung von Technik ohne Berücksichtigung wesentlicher Inhalte technischer Allgemeinbildung und ohne Wahrnehmung didaktischer Potentiale dieses Bereiches.

Es existieren aber auch Stimmen aus der Physikdidaktik, die die Notwendigkeit einer Gleichbehandlung von Naturwissenschaft und Technik sehen: So fordert beispielsweise TESCH: „Science and technology should be treated equally in education“ und stellt fest: „Science and technology are strongly interdependent“ (Tesch, 2011).

Ein lernbereichsdidaktischer Ansatz zur Technoscience Education im Bereich Natur und Technik kann nur, also in interdisziplinärer Zusammenarbeit der Didaktiken zu Natur und Technik, zu einem didaktisch innovativen Bereich der Allgemeinbildung entwickelt werden. Das muss als Chance für alle begriffen werden. Ein Technoscience Education-Ansatz braucht also die Interdisziplinarität der Fachdidaktiken. Die Fachdidaktiken müssen klären, was gemeinsame Probleme sind, welche gemeinsamen Ziele sie verbinden und was gemeinsame Forschungsgegenstände sein können.

Folgende Fragen sind unter Berücksichtigung des beschriebenen Paradigmenwechsels zu Technowissenschaft, Inter- und Transdisziplinarität unter dem Fokus einer Enkulturationshilfe durch Bildung, Erziehung und Unterricht beispielsweise zu diskutieren:

- Wie definieren und redefinieren wir Domänen? Was sind spezifische Arbeitsweisen in den Domänen?
- Womit müssen sich junge Menschen heute und in der Zukunft auseinandersetzen, um sich zu bilden und mündig zu werden?
- Welche didaktischen Potentiale liegen in den Technowissenschaften im Zusammenspiel von Erkenntnis und Anwendung?

⁶ Die Perspektive der didaktischen Innovation der Naturwissenschaften durch den Einbezug technischer Themen postulieren BUHR UND HARTMANN (2008) ohne nähere Konkretisierung.

- Muss sich mit den Technowissenschaften und dem Arbeitsprinzip der Inter- und Transdisziplinarität der Gegenstand und die Organisation von Bildung (Fächer) wandeln?
- Was heißt das für Ziel, Inhalt und Methoden von Unterricht, für die Einzelfächer und für die Lernbereiche zu Natur und Technik?

3.3 Vorgehensweise bei interdisziplinär-fachdidaktischer Forschung

Ein interdisziplinäres Herangehen ist in Anlehnung an MITTELSTRAB (2005) jedoch an bestimmte Voraussetzungen geknüpft:

- Der uneingeschränkte Wille zu lernen und die Bereitschaft, die eigenen disziplinären Vorstellungen zur Disposition zu stellen. Dazu gehört in Anlehnung an Euler (2005) auch eine Revision der Ausdifferenzierung der Fachdidaktiken und ihrer traditionellen gesellschaftlichen Funktionalisierung ohne jegliche Tabuisierung.
- Die Erarbeitung eigener interdisziplinärer Kompetenz, und zwar in der produktiven Auseinandersetzung mit anderen disziplinären Ansätzen. Dazu gehört zwingend ein angemessener Einbezug der dazu in Beziehung stehenden Didaktiken, insbesondere auch neuer Ansätze aus der Technikdidaktik (Graube 2009, Theuerkauf 2011).
- Die Fähigkeit zur Reformulierung der eigenen Ansätze im Lichte der gewonnenen interdisziplinären Kompetenz.
- Die Erstellung eines gemeinsamen Konstrukts, in dem die Einheit der Argumentation ('transdisziplinäre Einheit') an die Stelle eines Aggregats disziplinärer Teile tritt.

In einem zweistufigen Verfahren kann nach SCHWEITZER (2010, 113) eine kritische Analyse der disziplinären Ergebnisse und Sichtweisen und deren Vergleich sowie die Integration (Synthese) dieser Einsichten in ein umfassenderes Verständnis erfolgen. Es braucht also zunächst einer Revision und Reflexion und dann einer Neuausrichtung bzw. die Entwicklung neuer Ansätze:

Schritt 1- Fachdidaktische Revision und Reflexion: Inter- und Transdisziplinarität in den Technowissenschaften müssen in drei Richtungen reflektiert werden:

- in der Forschung der domänenspezifischen Wissenschaften.
- in der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen.
- In den Produkten und Dienstleistungen in Anlehnung an MAX WEBER als Ausdruck des „geonnenen Geistes“.

Des Weiteren muss eine Revision und Reflektion von Inter- und Transdisziplinarität der Technowissenschaften in den Fachdidaktiken stattfinden.

Schritt 2 - Inter-/transdisziplinäre Neuausrichtung in der Didaktik: Dazu gehören m.E. drei Aufgabenbereiche:

- Identifikation der didaktischen Potentiale, Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Grenzen und Überlappungsbereiche in der Erkenntnisgewinnung und Problemlösung, den Konzepten, Kontexten, Arbeitsmethoden in den Technowissenschaften.
- Explikation der didaktischen Potentiale von Interdisziplinarität und Technowissenschaft unter Berücksichtigung des stattgefundenen pädagogischen Perspektivenwechsels.
- Schaffung eines interdisziplinären didaktischen Konstrukts:
 - Bestimmung von Domänen- und Fachspezifika.
 - Reformulierung von Ziel, Inhalt und Methoden.
 - Anforderungen an Medien im Unterricht.

Eine derart ausgerichtete fachdidaktische Forschung kann nur als interdisziplinäre Aufgabe bewältigt werden. Notwendig ist daher ein Ausbau einer fachdidaktischen Entwicklungsfor- schung, die sowohl die Allgemeine Didaktik als auch die Fachwissenschaften einbezieht und unterdisziplinär zwischen den Fachdidaktiken zu führen ist. Eine isolierte, multidisziplinäre Ent- wicklung der Fachdidaktiken wird das Problem der angemessenen didaktischen Reflexion und Neuausrichtung nicht lösen können.

Wenn es um Zusammenhänge zwischen Natur und Technik, zwischen Natur- und Technikwissen- schaften im Sinne von Technowissenschaften gehen soll, dann muss eine interdisziplinär geführ- te fachdidaktische Forschung die Technikdidaktik einbeziehen.

3.4 Ein Ausblick: Technoscience Education

Im folgenden Kapitel sollen erste Anforderungen an einen Technoscience Education-Ansatz aus den vorhergehenden Kapiteln abgeleitet werden.

Ausgehend von den dargestellten Merkmalen der Technowissenschaften muss ein daran ange- lehnter didaktischer Ansatz das **Grundprinzip der Nützlichkeit** aufnehmen. Es geht um das Deutlichmachen, Unterscheiden und Zusammenführen von Erkenntnisgewinnung und Innovation bzw. Problemlösung. Das heißt, eine primäre Orientierung auf Innovation und Problemlösung und die Schaffung neuer Artefakte mit gesellschaftlicher Relevanz machen den **Einbezug technikdidaktischer Ansätze unverzichtbar**, da es in diesen Ansätzen primär um Techniker- schließung geht.

Es geht dabei um weit mehr als nur naturwissenschaftliches Experimentieren. Ein neuer Ansatz muss **typische ingenieur- und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen** (z.B. Messung, Visuali- sierung, Modellierung, Phänomenbeherrschung, Schaffung von Artefakten) identifizieren und in das unterrichtliche Methodenspektrum einbeziehen. Die Bandbreite der dabei möglichen Ar- beitsweisen im Unterricht muss dabei in Abhängigkeit vom gewünschten Anforderungsniveau für bestimmte Lerngruppen variiert werden können:

- über die Komplexität der zu lösenden Probleme (von einfachen Problemstellungen bis hin zu hybriden Problem).
- über die Komplexität der Zielvorstellungen (von primär erfahrungsgenerierten Pro- dukte bis hin zu primär wissenschaftsgenerierten Produkten).
- über das Zusammenspiel von erfindenden, entdeckendem und enttarnendem Lernen.

Darüber hinaus sollte die Bandbreite zwischen **disziplinärem und interdisziplinärem Arbei- ten** deutlich werden:

- Disziplinär: Blick auf einen Gegenstand und Lösen eines Problems aus einer Disziplin heraus mit jeweils eigenen disziplinären Erkenntnisinteressen
- Multidisziplinär: unterschiedliche didaktische „Brillen“ mit Blick auf einen Gegenstand, jede Disziplin löst ihre Probleme und hat eigene Erkenntnisinteressen
- Interdisziplinär: ein Problem kann nur gemeinsam geklärt und gelöst werden, die Problemlösung steht im Vordergrund.

Abbildung 4 verdeutlicht einen möglichen Ansatz zum didaktischen Umgang mit Komplexität in Abhängigkeit vom gegebenen oder zu schaffenden Problem-Produkt-Zusammenhang. Wichtig dabei ist und bleibt der zu erwartende Erkenntnisgewinn der Lernenden.

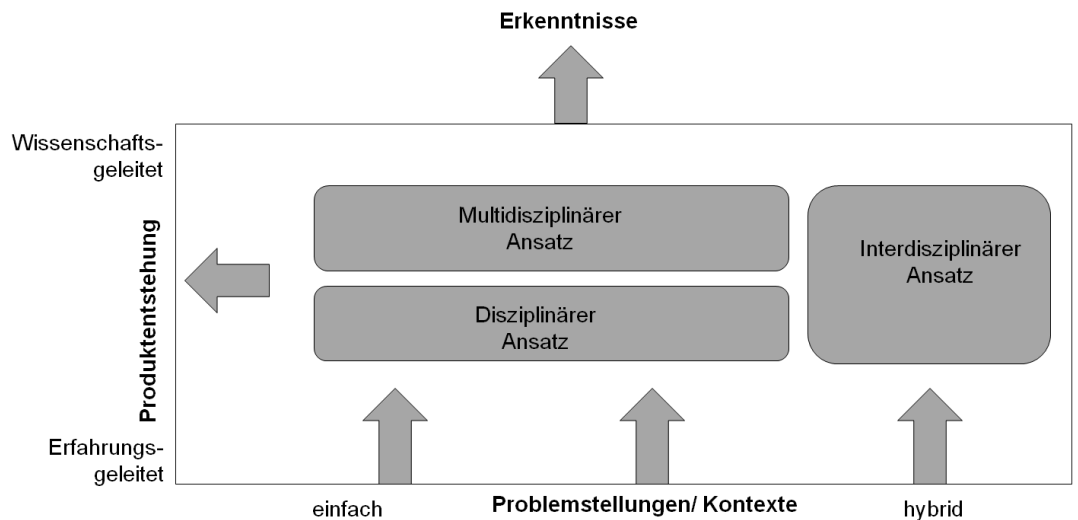


Abbildung 4: Didaktische Ansätze zum Umgang mit Komplexität

4 Fazit

Technik und Technikentwicklung sind heute untrennbar verbunden mit Wissenschaft und Wissenschaftsentwicklung. Diese begrenzt sich jedoch nicht nur auf Naturwissenschaften und Mathematik. Technik selbst hat mit den Ingenieurwissenschaften einen eigenen Wissenschaftsbereich, der schon immer auf Erkenntnisgewinn zum Zwecke eines Eingriffs abzielte. Der Wandel in der Wissenschaftskultur hin zu Technowissenschaften führt dazu, dass Naturwissenschaften nun auch als Technowissenschaften verstanden werden. Gleichzeitig gelten Ingenieurwissenschaften nicht mehr als unrein, sie bezeichnen sogar mit ihrer Zielsetzung eine neue Moderne der Wissenschaftskultur. Natur- und Ingenieurwissenschaften sind weder bei zukünftiger Technikentwicklung noch in der Forschung zu trennen.

Ein solcher Paradigmenwechsel muss fachdidaktisch interdisziplinär reflektiert werden. Nur so kann sowohl das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität als auch der Wandel der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft ausreichend Eingang in didaktische Modelle finden. Nur so kann die wechselseitige Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und Anwendungsorientierung aus Natur- und Ingenieurwissenschaften Berücksichtigung finden. Der stattfindende pädagogische Paradigmenwechsel kann diese Entwicklung befördern.

Wenn dazu Forderungen nach interdisziplinärer Gestaltung von Unterricht und problem-, prozess- und produktorientiertes Lernen gestellt werden, liegt nichts näher, als das mit einem interdisziplinär entwickelten Technoscience Education-Ansatz umzusetzen. Eine voreilige Inanspruchnahme von Technoscience aus den einzelnen Fachdidaktiken verstellt den Blick auf Potentiale von Interdisziplinarität und Technowissenschaften.

Literaturverzeichnis

- acatech und VDI. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften*. München/Düsseldorf: acatech und VDI.
- Ahrens, S. (2005). *Bildung, Naturwissenschaft und Technik: zur bildungstheoretischen Bedeutung der neueren Wissenschafts- und Technikforschung*. Münster: Waxmann Verlag.
- Bergmann, M., Jahn, T., Knobloch, T., Krohn, W., Pohl, C., & Schramm, E. (2010). *Methoden transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen*. Frankfurt/ Main: Campus Verlag.
- Botkin, J., Mahdi, E. M., & Malitza, M. (1979). *Das menschliche Dilemma. Zukunft und lernen. (Club of Rome, Bericht über die achtziger Jahre)*. Wien, München, Zürich, Innsbruck: Molden.
- Brand, F. (2004). Transdisziplinarität – Voraussetzung für naturwissenschaftlichen und mathematischen Erkenntnisgewinn? In F. Brand, F. Schaller, & H. Völker, *Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven* (S. 49 - 62). Göttingen: Universitätsverlag.
- Buhr, R., & Hartmann, E. A. (2008). *Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik*. Berlin: Institut für Innovation und Technik.
- Duddeck, H. (2010). Aus Schaden wird man klug ...? Wie Technik Wissen gewinnt. In K. Kornwachs, *Technologisches Wissen - Entstehung, Methoden, Strukturen* (S. 17 - 36). Springer.
- Euler, M. (2005). Interdisziplinarität als kritisches „Bildungsprinzip“ der Forschung: methodologische Konsequenzen. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*. Nr. 2, S. 63 - 68.
- Euler, M. (2008). Situation und Maßnahmen zur Förderung technischer Bildung in der Schule. In R. Buhr, & E. A. Hartmann, *Technische Bildung für alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik* (S. 67 - 104). Berlin: VDI/VDE Innovation und Technik.
- Euler, M. (Nr. 2, 14. Jg.). Interdisziplinarität als kritisches „Bildungsprinzip“ der Forschung: methodologische Konsequenzen. *Zechnikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*, S. 63 - 68.
- Fink, E. (1965). Zur Bildungstheorie der technischen Bildung. In H. Roth, *Technik als Bildungsaufgabe der Schulen* (S. 33 - 50). Hannover u.a.: Hermann Schroedel Verlag.
- Fischer, G. H. (1965). Einige didaktische Gedanken zur Technik als Bildungsanliegen bei der Neugestaltung des Gymnasiums. In H. Roth, *Technik als Bildungsaufgabe der Schule* (S. 117 - 133). Hannover u.a.: Hermann Schroedel Verlag.
- Graube, G. (2009). *Technik und Kommunikation - ein systemischer Ansatz technischer Bildung*. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Graube, G. (2013). Erfinden, Entdecken und Enttarnen. Didaktische Leitfragen für die Auseinandersetzung mit Basiskonzepten der Technik. In I. Mammes, & M. Tuncsoy, *Technische Bildung von Anfang an – nationale und internationale Perspektiven*. Schneider-Verlag. Im Druck.
- Grunwald, A., & Schmidt, J. C. (2005). Method(olog)ische Fragen der Inter- und Transdisziplinarität. Wege zu einer praxisstützenden Interdisziplinaritätsforschung. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis* Nr. 2, 14. Jg., S. 4 - 11.
- Hermann, A. (2010). Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik in historischer Sicht [1976]. In W. König, *Technikgeschichte* (S. 47 - 55). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Herrmann, U. (2005). Was ist eine „Generation“? In A. Schüle, T. Ahbe, & R. Gries, *Die DDR aus generationengeschichtlicher Perspektive. Eine Inventur*. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.
- Hilligen, W. (1991). *Didaktische Zugänge in der politischen Bildung*. Schwalbach/ Ts.: Wochenschau Verlag.
- Horwitz, H. T. (2010). Forschungsgang und Unterrichtslehre der Geschichte der Technik (Methodologie der Technohistorie) [1929]. In W. König, *Technikgeschichte* (S. 29 - 45). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Jungert, M., Romfeld, E., Sukopp, T., & Voigt, U. (2010). *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme*. Darmstadt: WBG.
- Köck, P., & Ott, H. (2002). *Wörterbuch für Erziehung und Unterricht*. Donauwörth: Auer Verlag.

- König, W. (1999). *100 Jahre "Dr.-Ing.". Ein Ritterschlag der Wissenschaft. Das Promotionsrecht der Technischen Hochschulen und der VDI Verein Deutscher Ingenieure*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- König, W. (2010). Einleitung. In W. König, *Technikgeschichte* (S. 7 - 23). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- König, W. (2010). *Technikgeschichte*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Kornwachs, K. (2010). *Technologisches Wissen. Entstehung, Methoden, Strukturen*. Cottbus, Berlin: acatech.
- Kornwachs, K., Spur, G., & Hubig, C. (2010). Technisches Wissen. Entstehung - Methoden - Strukturen. Eine Einführung. In K. Kornwachs, *Technisches Wissen. Entstehung, Methoden, Strukturen* (S. 11 - 14). Cottbus, Berlin: acatech.
- Kron, F. W. (2004). *Grundwissen Didaktik*. München: Ernst Reinhardt.
- Lindemann, H. (2006). *Konstruktivismus und Pädagogik*. München: Ernst Reinhard Verlag.
- Loch, W. (1969). Entkulturation als anthropologischer Grundbegriff der Pädagogik. In E. E. Weber, *Der Erziehungs- und Bildungsbegriff im 20. Jahrhundert* (S. 122-140). Bad Heilbrunn /Obb.
- Lundgreen, P. (1994). Die Ausbildung von Ingenieuren an Fachschulen und Hochschulen in Deutschland, 1770-1990. In P. Lundgreen, & A. Grelon, *Ingenieure in Deutschland* (S. 13 - 78). Frankfurt a. Main: Campus Verlag.
- Mainzer, K. (2010). Interdisziplinarität und Schlüsselqualifikationen in der globalen Wissensgesellschaft. In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp, & U. Voigt, *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme* (S. VII - X). Darmstadt: WBG.
- Matschoß, C. (2010). Geschichte der Technik (1898). In W. König, *Technikgeschichte* (S. 25 - 27). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Mittelstraß, J. (2005). Methodische Transdisziplinarität. *Technikfolgenabschätzung. Theorie und Praxis*, S. 18 - 23.
- Mogalle, M. (2001). *Management transdisziplinärer Forschungsprozesse*. Basel: Birkhäuser (Temenhefte SPP).
- Nordmann, A. (2005). Was ist TechnoWissenschaft? Zum Wandel der Wissenschaftskultur am Beispiel von Nanoforschung und Bionik. In T. Rossmann, & C. Tropea, *Bionik: aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften* (S. 209-218). Berlin: Springer.
- Nordmann, A. (2010). A Forensics of Wishing: Technology Assessment in the Age of Technoscience. *Poiesis & Practice* 7/1-2, S. 5-15.
- Nordmann, A. (2011 a). Was wissen die Technowissenschaften? In C. Gethmann, *Lebenswelt und Wissenschaft* (S. 566-582). Hamburg: Felix Meiner Verlag.
- Nordmann, A. (2011 b). *Technowissenschaftliche Wissensproduktion. Erkenntnis und Innovation zwischen Weltaufklärung und Prozessbeteiligung. Vortrag in Dortmund*. Abgerufen am 11. 12 2012 von <http://www.sfs-dortmund.de/v2/dokumente/projekte/mantra/Nordmann>
- Pätzold, G., & Reinisch, H. (2010). Didaktik der beruflichen Fachrichtungen. In R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch, & T. Tramm, *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik* (S. 160-1681). Bad Heilbrunn: Verlag Jukius Klinkhardt.
- Platt, K., & Dabag, M. (1996). *Generation und Gedächtnis. Erinnerungen und kollektive Identität*. Opladen.
- Posner, R. (2008). Kultursemiotik. In A. Nünning, *Metzler-Lexikon Literatur- und Kulturtheorie. Ansätze - Personen - Grundbegriffe* (S. 39-72). Stuttgart/ Weimar. 4. Auflage.
- Reich, K. (2005). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Ropohl, G. (2010). Zum Technikbegriff eines generalistischen Technikunterrichts (1979). In W. König, *Technikgeschichte* (S. 153 - 167). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Roth, H. (1965). *Technik als Bildungsaufgabe der Schulen*. Hannover: Hermann Schroedel Verlag.
- Schaub, H., & Zenke, K. G. (2004). *Wörterbuch Pädagogik*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Schweitzer, B. (2010). "Vom Fehler im Gegenstand zur Theorie über den Gegenstand": Wissenschaftstheorie und. In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp, & U. Voigt, *Interdisziplinarität* (S. 109 - 127). Darmstadt: WBG.
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, S. 275 298.

- Tesch, M. (2011). *The Vision of „TechnoScience“ Education for the Knowledge-Based Society*. Abgerufen am 11. 12 2012 von http://www.uio.no/forskning/tverrfak/kis/aktuelt/arrangementer/2011/visions/thursday_3_Tesch.pdf
- Theuerkauf, W. E. (kein Datum). *Prozessorientierung der Technischen Bildung*. Abgerufen am 24. 01 2013 von <https://www.tu-braunschweig.de/Medien-DB/wbm/prozessorientierung.pdf>
- VDI. (2012). *Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. Abgerufen am 30. 01 2013 von <http://www.vdi.de/bildung/technische-allgemeinbildung-staerkt-den-standort-deutschland/>
- Völker, H. (2004). Von der Interdisziplinarität zur Transdisziplinarität. In F. Brand, F. Schaller, & H. Völker, *Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven* (S. 9 - 29). Göttingen: Universitätsverlag.
- Vollmer, G. (2010). Interdisziplinarität - unerlässlich, aber leider unmöglich? In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp, & U. Voigt, *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme* (S. 47 - 75). Darmstadt: WBG.
- Wagenschein, M. (1965). Technik und Physikunterricht. Physik-Verstehen als Beistand für die Kinder der technischen Welt. In H. Roth, *Technik als Bildungsaufgabe der Schule* (S. 305 - 320). Hannover u.a.: Hermann Schroedel Verlag.
- WBGU. (1996). *Welt im Wandel: Herausforderungen für die deutsche Wirtschaft. Jahresgutachten 1996*. Berlin: Springer.

Kurzvita

Gabriele Graube ist Privatdozentin am Institut für Erziehungswissenschaft der TU Braunschweig. Sie studierte und promovierte an der TU Dresden im Bereich der Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik. Im Institut für Erziehungswissenschaften der TU Braunschweig befasst sie sich mit Fragen der technischen Allgemeinbildung und habilitierte 2008 mit der Venia legendi für Technische Bildung mit dem Thema „Technik und Kommunikation - ein systemischer Ansatz technischer Bildung“. Seit 2009 arbeitet sie als Vorsitzende des VDI-Fachbeirates „Technische Bildung“. Der vorliegende Aufsatz entstand im Zusammenhang mit der Vorbereitung des am 14. März 2013 in Düsseldorf erstmalig stattfindenden VDI-Expertenforums zum Thema „Natur, Technik und Interdisziplinarität – neue fachdidaktische Forschungsfelder“.



<https://www.tu-braunschweig.de/wbm/personal/gabig>

Kontakt: g.graube@tu-braunschweig.de